Transactions of KSAE, Vol. 31, No. 2, pp.83-88 (February, 2023)

Check for updates

Copyright © 2023 KSAE / 207-01
pISSN 1225-6382 / eISSN 2234-0149
DOI http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2023.31.2.83

DTC를 이용한 차량화재 사례분석 기법에 관한 연구

김 용 현[1] · 고 대 철[*2]

한국폴리텍대학 자동차과[1] · 부산대학교 융합학부[2]

Study on Techniques for Analyzing Vehicle Fire Cases Using DTC

Young Hyun Kim[1] · Dae Cheol Ko[*2]

[1]Department of Automotive Engineering, Korea Polytechnic Colleges, Busan 46550, Korea
[2]Graduate School of Convergence Science, Pusan National University, Busan 46241, Korea
(Received 6 September 2022 / Revised 28 November 2022 / Accepted 29 November 2022)

Abstract : Fires occurring in cars are a social problem. Specifically, most methods used in investigating the causes of fire are based on evidence burned after the fire. This is insufficient as objective data due to contamination, deterioration, etc. of evidence. It is also likely that the investigation will be distorted, depending on the opinion of the investigator. This is an unscientific method. Car systems, on the other hand, are generally self-diagnostic, driven by software. Its self-diagnosis function detects a fault when a normal signal is not input under a certain condition, and is determined as abnormal. This is possible through Diagnosis Trouble Codes(DTC). DTC is a system that determines and records the faults occurring in the vehicle. The site uses it to diagnose the fault. If a related system of a car fails, the On-Board Diagnostics(OBD) monitors it, and saves it in the Electronic Control Unit(ECU) in the form of DTC. DTC has various fault information: abnormal performance of the sensors, breaking of wiring, short circuit, etc. If an automobile fire has occurred, the sensor or wiring could burn and cause a fault to be stored in ECU in the form of DTC. Therefore, the analysis of the DTC can be used as objective data to find out the cause of a car fire. This paper uses DTC to determine the cause of a fire in a car.

Key words : Diagnosis trouble codes(고장진단코드), On-board diagnotics(차량진단프로그램), Electronic control unit (전자제어컨트롤유닛), Fires in cars(차량화재), Engine management system(엔진제어시스템)

1. 서 론

소방청 국가화재정보시스템에 등록된 화재에서 최근 1년간(2021.7~2022.7) 화재 건수는 38,883건 이며 이중 차량화재는 4,441건으로 전체 화재에서 약 11 %를 차지하고 있다. 선박 및 항공기의 발생건수가 144건임을 감안 할때 이동 교통수단의 화재 건수는 단연 높다. 또한 건축, 구조물, 임야등 부동산에서 발생되는 화재 다음으로 가장 높은 화재 빈도를 나타낸다.[1] 이러한 화재의 49 %는 연료를 직접 연소하는 엔진과 인접 범위에서 발생되며 기계, 전기, 부주의, 교통사고 등이 그 뒤를 잇고 있다.[2,3] 한편 차량 화재의 특징은 건물에서 발생되는 일정 구역의 발화가 아니라 주행환경에 따라 불규칙한 바람의 영향 및 발화지점 축소의 어려움과 더불어 발화 원으로 작용하는 고열 부분은 고온에 따른 전도에 의해 화재 후 그 흔적을 증명하기 어렵다.[4] 따라서 화재 감식을 통한 원인 분석에 있어서 대부분 화재후 소훼된 증거물, 운전자 진술, 주변환경을 이용하여 합리적인 추론방식의 감식이 이뤄져왔다. 이 방식은 증거물의 오염, 진술의 신빙성, 감식자의 능력에 따라 감식의 오류가 발생될 개연성이 높다. 한편 엔진은 EMS(Engine Management System)를 통해 작동되며 고장검출 기능이 있어 작동중 실시간 센서, 와이어링, 실화여부, 배출가스상태 관련 부품의 성능저하 등을 모니터링하여 문제 발생시 DTC(Diagnosis Trouble Codes)로 출력하고 이를 ECU(Engine Control

*Corresponding author, E-mail: dcko@pusan.ac.kr
*This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

Unit)에 저장하여 정비진단 정보로 제공한다. 이는 차량 화재의 원인 분석시 객관적 자료가 될 수 있다. 엔진 작동중 화재에 의해 관련 계통의 소훼가 발생되어 시스템의 물리적인 손상시 EMS에서 DTC형태로 저장 할 수 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 기존의 주관적인 감식에서 벗어나 객관적인 EMS DTC를 이용해 화재 원인을 분석하는 기법을 제안하고자 한다.

2. 엔진 EMS 및 DTC의 이해

2.1 ECU 내부의 마이크로 프로세스

EMS는 엔진의 구동을 총괄하고 ECU를 통해 기능을 구현하며 명령어 구조가 심플한 RISC(Reduced instruction set computer)를 사용한다. 엔진에는 다양한 종류의 전기, 기계, 자기적으로 작동되는 센서류가 있다. 이는 엔진 구동과 관계되는 하드웨어의 물리량을 측정하며 관련 신호는 마이크로컴퓨터의 입력측으로 받아들일 경우 이산적인 계산이 가능한 컨버터 신호처리를 거친다. 이후 CPU의 각종 연산자와 더불어 메모리의 ROM에 저장된 프로그램을 불러내서 계산을 하고 명령을 내보내며 일부는 저장을 한다. ECU의 마이크로프로세서는 연료분사제어, 공연비제어, 점화제어, 공전속도제어, 배기가스제어, 연료펌프제어, 페일세이프, 자기진단, 통신등의 기능을 수행하는데 본 논문에서는 자기진단 기능에 대하여 집중적으로 다룬다.

2.2 DTC

엔진을 포함한 각 장치를 제어하는 ECU는 운행중 전자제어시스템을 자기진단하여 정상 규칙에 어긋날 경우 고장으로 판정하고 고장코드(DTC)를 저장한다. 이후 엔진경고등이 점등하도록 되어있는데 이를 OBD (On-Board Diagnosis)라고한다.[5)]

초기의 OBD는 부품의 성능과 단선 및 단락만을 진단항목을 가지고 있었으나 현재의 차량에는 다량의 ECU가 장착되어있는바 OBD-II는 엔진의 배출가스와 더불어 다양한 고장검출 시스템을 검출하는 진단기능으로 활용하고 있다.[6)] Fig. 1과 같이 주행이나 구동중 엔진 시스템 고장시 DTC를 ECU microcomputer 내의 메모리에 기록 된다. DTC는 CMOS(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) 메모리에 저장되어 키 스위치를 탈거해도 데이터는 보존되며[7)] Fig. 2와 같이 차량 실내에 장착된 OBD진단커넥터를 통해 외부의 진단장비로 확인할 수 있다. 이때 OBD커넥터의 6, 14번 핀의 D-CAN 라인에서 송출되는 DTC정보에 고장정보가 수록되어있다.

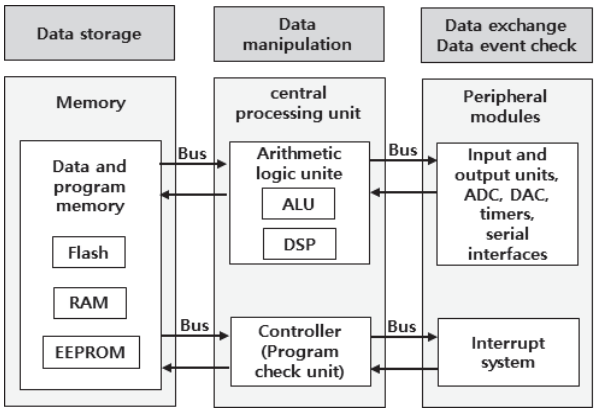


Fig. 1 Structure of a microcomputer

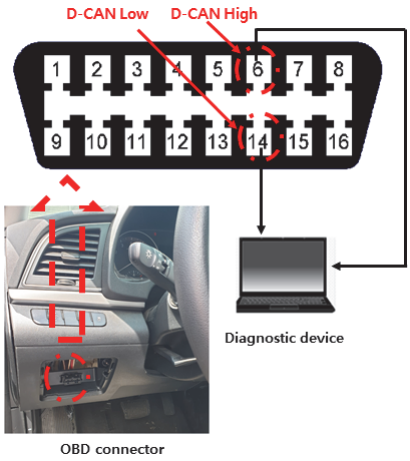


Fig. 2 Devices of OBD diagnostic & structure of OBD DTC connector

3. 화재차량 분석

3.1 화재 개요

화재 차량은 B社의 2015년형 M모델로써,디젤 엔진을 탑재했으며, 감식 당일 기준 주행거리는 70,186 km이다. 운전자 진술에 의하면 운전중 전면 보닛 부위에서 연기가 발생하여 5분이내에 갓길에 정차후 최초 자동차 바닥인 조수석 하단 부위에서 작은 불꽃이 발생됨을 확인 후 119 신고하였다. 소방차량이 도착 후 Fig. 3과 같이 조수석측 차량 하부 전체로 불꽃이 확산되었음을 목도하였다. 차량의 정비이력의 특이점은 없었고 사고발생 등 외관 및 내관의 손상을 입힌 기록이 없다. 운전자는 주행중 엔진 출력을 비롯해 차량의 이상소음에 대한 증상은 발견하지 못했다. 또한 자동차 튜닝 및 관련계통에 대한 임의 장치를 장착하지 않았다.

Fig. 3 The scene of a fire

3.2 화재차량 상태

Fig. 4와 같이 차량의 하부 점검 결과 엔진오일이 누유되었음을 확인하였으며, 감식 당시 엔진오일이 기준보다 적음을 확인하였다. 엔진오일 누유에 의한 화재가 발생하였다면 화재의 확산범위가 일반적으로 단시간내에 엔진오일이 산포된 지역을 중심으로 빠르게 진행되는데 본 차량의 경우에는 이에 부합되지 않았다. Fig. 5(a)와 같이 엔진오일의 정량미달은 누유 외에도 터보차저로 역류하여 연소실로 비정상 유입 된 경우가 있으나 감식 결과 이에 대한 증거는 찾지 못했으며,냉각수 자켓이 문제가 발생되어 엔진오일이 냉각수와 섞인 경우가 있는데 이 역시 발견되지 못했다. 또한 주행중 차량의 하부 타격에 의해 엔진오일팬의 균열 여부와, 기타 관련 계통의 외부 충격에 대한 감식 결과 문제점을 발견하지 못했다. Fig. 5(b)와 같이 엔진룸 상부에서의 화재 소실 여부를 확인한 결과 육안으로는 관련 부위에 대한 화재를 확인할 수 없었다.

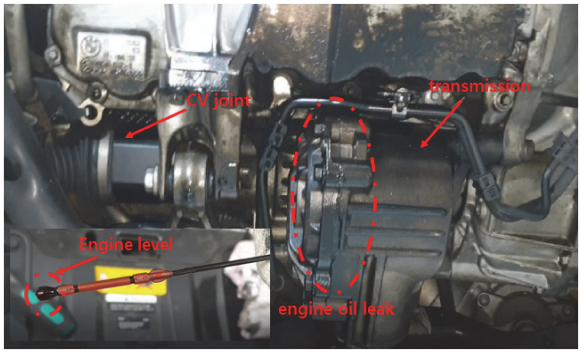
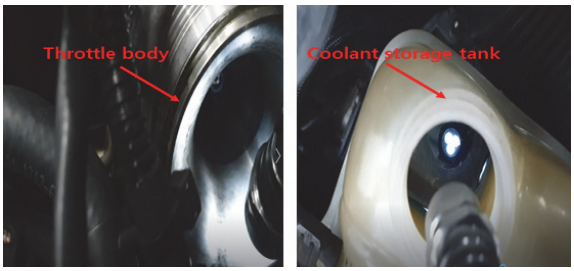
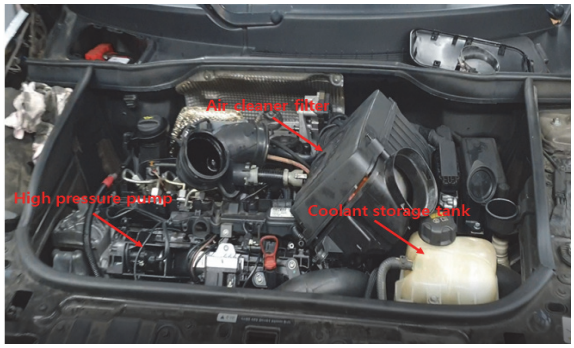


Fig. 4 Bottom of back front in the vehicle



(a) Throttle & coolant



(b) Engine room

Fig. 5 State of engine room in a fired vehicle

3.3 DTC 진단

화재 차량에 전술한바와 같이 OBD 커넥터를 이용하여 자기진단 결과 Fig. 6과 같이 기록된 DTC를 확인할 수 있었으며 이 중 현재 고장 DTC를 Table 1에 정리하였다. 화재 발생당시의 주행거리는 70,186 km이며, Table 1에서 각 고장코드 출력은 70,184 km임으로 주행중 화재가 발생되어 엔진 각 시스템의 손상을 입혀 ECU에 DTC가 기록되었고 약 2 km주행 후 멈춘 것으로 판단된다.

Fig. 6 Overview of DTC

Table 1 OBD code

CODE NO.	Description	km
003F70	Intake air temp sensor circuit high	70,184
004BC2	Mass/volume air flow circuit high input	70,184
004A2B	O_2 Sensor circuit high volts (Bank sensor2)	70,184

Table 2 Intake air temp sensor circuit high

Symptoms	Causes
- Check Engine light illuminated - Engine may not start as usual - Idling poorly when cold - Poor fuel economy - Increased emissions	- A problem with the IAT sensor - Dirty air filter - Faulty MAF sensor - Problems with wiring/connectors - PCM has failed

Table 3 Mass/Volume air flow circuit high input

Symptoms	Causes
- Check Engine light illuminated - Rough running engine - Black smoke from tail pipe - Stalling - Engine hard start	- Dirty or contaminated AFS sensor - Failed AFS sensor - Intake air leaks - Problems with wiring/connectors

Table 4 O_2 sensor circuit high volts(Bank1 Sensor2)

Symptoms	Causes
- Check Engine light illuminated - Faulty O_2 sensor - High fuel pressure	- Faulty O_2 sensor - Fuel contamination - Faulty fuel injectors - Exhaust gas leaks - Engine vacuum leaks - Problems with wiring/connectors

이를 통해 차량 화재에 의한 시스템 결함 후 운전자가 주행한 거리를 객관적으로 판단 할 수 있었다. Tables 2~4는 Table 1의 각 DTC에 관한 정보로써 DTC가 출력되는 이유와 차량 증상을 나타냈다.[8] 여기서 주목 할 점은 차량의 화재로 소훼와 관련 있는 것은 공통적으로 배선의 단선, 단락과 관련있다. 따라서 각 DTC가 나타내는 배선의 공통적인 부위에서 훼손이 발생될 가능성이 높다. Tables 2~4의 Intake Air Temp Sensor, Mass/Volume Air Flow Sensor, O_2 Sensor의 배선은 메인와이어링에 포함되어있다. 한편 각각 메인와이어링 하네스는 Fig. 7과 같

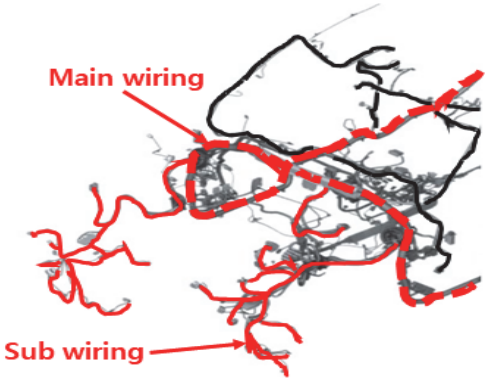


Fig. 7 Overview of mainwiring harness

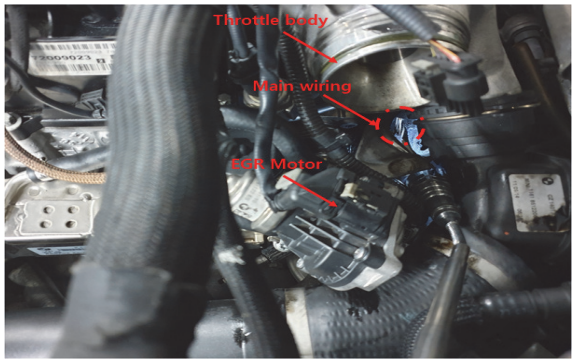
이 엔진룸에 배치되어있다. 하네스는 주선(Main line)과 지선(Sub line)으로 되어있는데 이중 주선은 점선으로 표시하였다. 주선은 각 센서의 전원 및 접지와 센서 신호선을 공통적으로 포함하고 있다. 따라서 흡기온도센서, 공기질량계량기센서, 촉매기뒤람다센서를 포함하고 있는 주선에 대한 소훼 가능성 높음을 합리적으로 추론 할 수 있다. 따라서 주선을 중심으로 화재 손상 여부를 감식할 필요가 있다.

3.4 발화개소

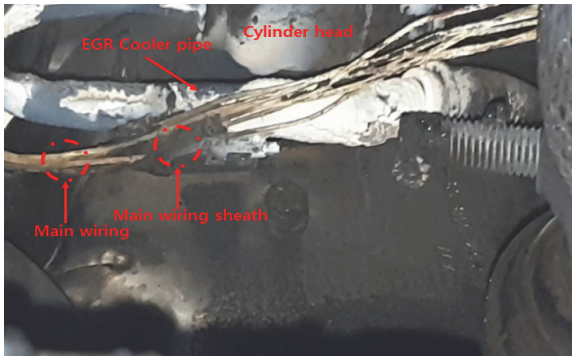
3.3에서 언급한바에 기반하여 엔진룸 상부에서 확인한 결과 Fig. 8(a)와 같이 메인와이어링 주선의 소훼를 확인하였다. 이에 대한 근접 감식의 결과 Fig. 8(b)와 같이 메인와어어링의 피복(Sheth)이 녹은 상태에서 각 와이어가 노출되어 EGR Cooler pipe에 접촉되고 있음을 확인하였다. 한편 발화개소로 추정되는 근접부위인 엔진룸 상부의 화재 개소는 없었으며, Fig. 3과 같이 당일 화재 현장에서 조수석 하단의 Flame이 발생된 것으로 보아 메인와이어링에서 시작된 발화가 하부로 확산되어 화재가 전파되었음을 판단하였다.

3.5 화재원인 판단

정상적인 메인와이어링의 주선은 Fig. 7과 같이 배선의 레이아웃상 엔진룸 대쉬보드 패넬에 고정되어 일정한 이격이 이루어져야 한다. 이를 통해 고온의 배기가스 시스템과의 직접적인 접촉을 피할 수 있다. 그러나 본 화재 차량의 경우 Fig. 8(b)와 같이 고온의 EGR Cooler pipe에 접촉되어 배선의 피복 일부가 녹았음을 확인하였다. 여기서 녹은 피복의 일부가 낙하 하면서 1차 Fig. 9(a)와 같이 오일쿨러 및 인근 지역에 떨어져 굳어졌으며 2차로 Fig. 9(b)와 같이 댐퍼풀리 근방에 있는 휠스피드센서 배선과 차고센서 배선을 녹여 화재가 전파되었

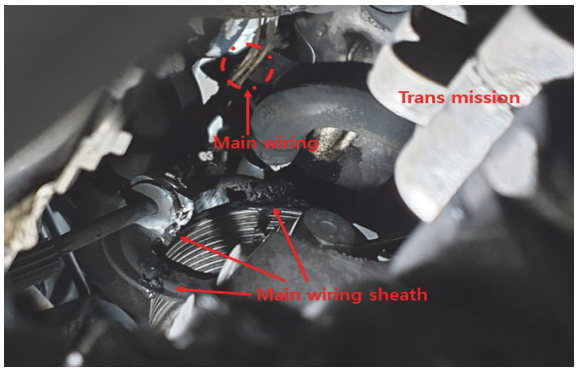


(a) Burned pattern of front bonnet

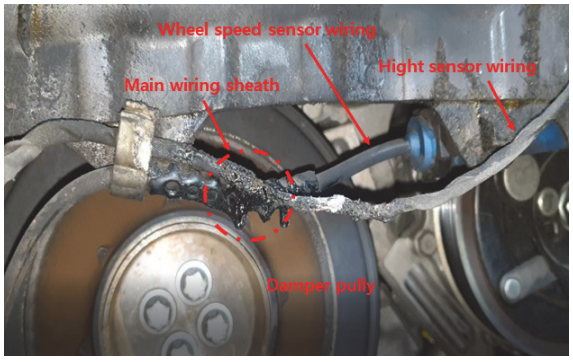


(b) Zoom in the mainwiring

Fig. 8 State of front bonnet and nearby mainwiring in a fired vehicle



(a) Burned pattern of front bonnet



(b) Burned pattern of wheel speed sensor wiring & hight sensor wiring

Fig. 9 State of side left and nearby damper pully in a fired vehicle

음을 확인할 수 있었다. 이는 차량의 조수석 하부 지역으로써 최초 화재 현장출동 사진인 Fig. 3과 일치함에 따라 본 화재 감식의 결과 가 합리적이었음을 반증한다. 따라서 최초 발화 지점은 메인와이어링이며 발화열원은 EGR Cooler pipe이다. 본 화재의 경우 전면적 화재가 아닌 부분적으로 발생 된 경우로써 화재의 범위가 비교적 소규모였다.

4. 결 론

본 논문에서는 기존의 차량 화재감식기법에서 벗어나 DTC를 이용하여 화재의 원인을 객관적으로 분석하는 방법을 제안하였다. 이를 위해 OBD진단기를 활용하였으며 저장된 DTC를 이용하여 화재감식을 진행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 기존의 화재감식에서 벗어나 최초로 DTC를 활용하여 발화 부위를 찾아 낼 수 있었다.
2) 차량 화재에 의한 시스템 결함 후 운전자가 주행한 거리를 객관적으로 판단 할 수 있었다.
3) OBD code의 Causes 중 단선, 단락에 해당하는 각 사항이 화재와 관련있음을 확인하였다. 향후 다양한 차량화재에서 DTC를 활용 할 경우 진단의 객관성을 높일 수 있다고 사료된다.

References

1) National Fire Data System, http://nfds.go.kr/stat/general.do, 2021.7.28.~2022.7.27.
2) Korea NFA, National Fire Date System, 2020.
3) D. K. Yun, H. T. Lee, I. W. Nam, Y. H. Kim and J. G. Yun, “Case Study of Ingnited Vehicle Fire in Exhaust System,” KASE Fall Conference Proceedings, pp.1289-1293, 2019.
4) Y. H. Kim, A Study on the Case Analysis and Investigation Techniques of Vehicle Fires, Ph. D. Dissertation, Jeonju University, Jeonju, 2015.
5) P. S. Park, M. G. Park, G. W. Kim, S. B. Park, J. Y. Lee and J. I. Jung, “Development of the ISO 15765-based Integrated On-board Diagnostics

Protocol Conversion Algorithm with System," KSAE Spring Conference Proceedings, pp.1428-1433, 2011.
6) C. H. Yoo and Y. S. Ko, "Development of the Vehicle Diagnosis Program Using OBD-I," Transactions of KSAE, Vol.23, No.3, pp.271-278, 2015.
7) K. Dietsche, Bosch Automotivedjwo Handbook, 8th Edn., p.96, 2011.
8) Hyundai Moter Company, https://gsw.hyundai.com/hmc/login.tiles, 2022.